

F2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-194639
(P2001-194639A)
(43)公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト ⁷ (参考)
G 0 2 F 1/09	5 0 5	G 0 2 F 1/09	5 0 5 2 H 0 7 9
C 2 3 C 14/06		C 2 3 C 14/06	T 2 H 0 9 9
G 1 1 B 11/105	5 0 6	G 1 1 B 11/105	5 0 6 Z 4 K 0 2 9
	5 1 1		5 1 1 G 5 D 0 7 5
H 0 1 F 10/08		H 0 1 F 10/08	5 E 0 4 9
審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 5 頁) 最終頁に続く			

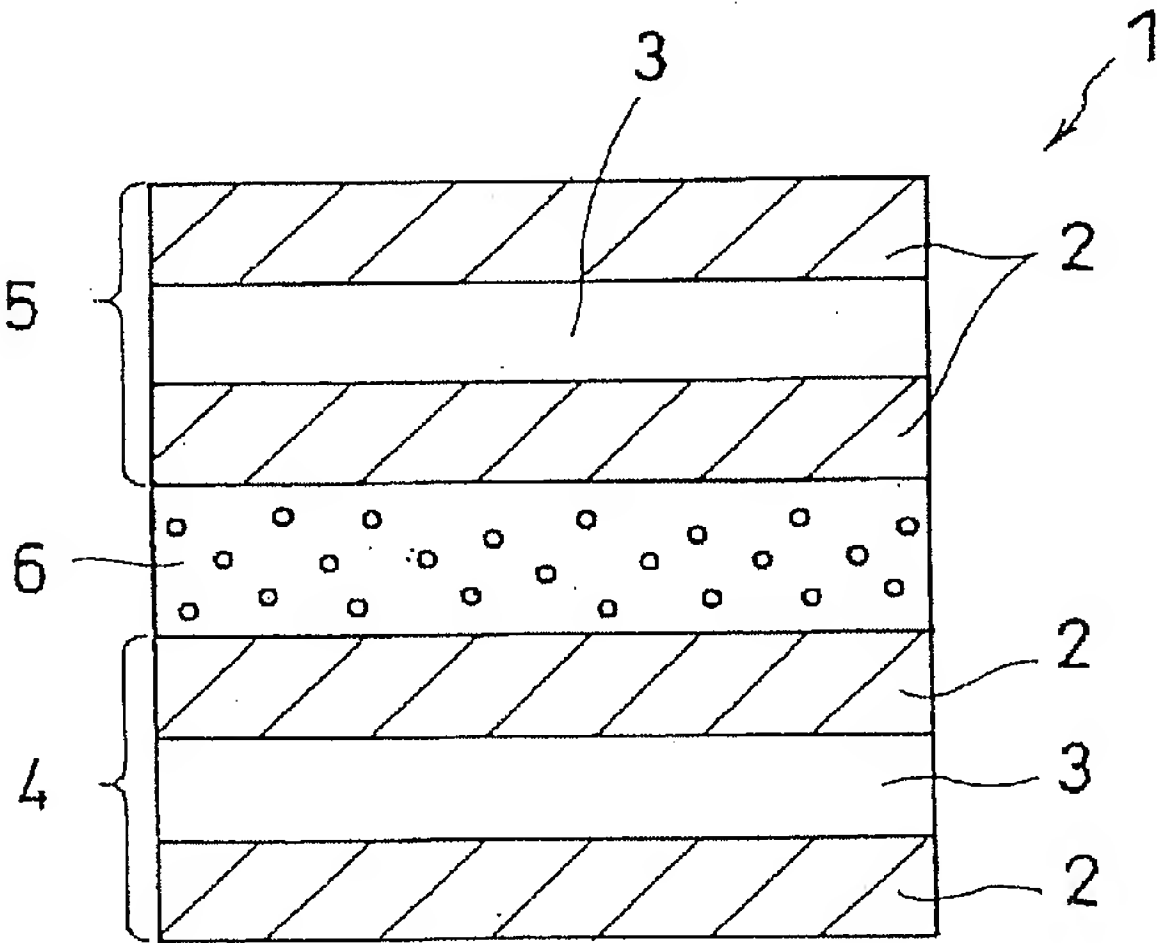
(21)出願番号	特願2000-232020(P2000-232020)	(71)出願人	000114215 ミネベア株式会社 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4106-73
(22)出願日	平成12年7月31日(2000.7.31)	(72)発明者	井上 光輝 愛知県岡崎市伊賀町地藏ヶ入20-8
(31)優先権主張番号	特願平11-305960	(72)発明者	藤井 壽崇 愛知県豊橋市曙町側点177-6
(32)優先日	平成11年10月27日(1999.10.27)	(72)発明者	高山 昭夫 静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミネベア株式会社浜松製作所内
(33)優先権主張国	日本 (J P)	(74)代理人	100068618 弁理士 萼 経夫 (外3名)
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 磁気光学体

(57)【要約】

【課題】 大きな磁気光学効果を得られる磁気光学体を提供する。

【解決手段】 (SiO₂ /Ta₂O₅)ⁿ 層4及び (Ta₂O₅ /SiO₂)ⁿ 層5の間にグラニューラー膜6 (グラニューラー磁気光学薄膜) を介装して1次元フォトニック結晶 (磁気光学体) 1を構成した。グラニューラー膜6は、Coの磁性微粒子7及びこれを取り囲むSm₂O₃ (希土類酸化物) のマトリックス8からなり、2元ターゲットスパッタ法により、Co及び Sm₂O₃を交互にスパッタ成膜することにより低温で作製する。グラニューラー膜6を低温で作製しており、高温の熱処理で起こり得る (SiO₂ /Ta₂O₅)ⁿ 層4及び (Ta₂O₅ /SiO₂)ⁿ 層5の周期構造の乱れを招かない。このため、特定の波長の光に対して強い光の局在化を示すようになり大きな磁気光学効果と高い透過率を示すことになる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異なる光学特性を有する複数種類の誘電体素材の厚さに規則性をもって交互に積層された誘電体多層膜を 2 つ設け、その間にマトリックス及び磁性微粒子からなるグラニューラー磁気光学薄膜を設けたことを特徴とする磁気光学体。

【請求項 2】 磁性体及び誘電体の厚さに規則性をもって交互に積層された規則積層部を 2 つ設け、その間にマトリックス及び磁性微粒子からなるグラニューラー磁気光学薄膜を設けたことを特徴とする磁気光学体。

【請求項 3】 前記マトリックスは使用光波長で透光性をもつことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の磁気光学体。

【請求項 4】 前記マトリックスは非磁性誘電体酸化物であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までの何れかに記載の磁気光学体。

【請求項 5】 前記マトリックスは希土類酸化物であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までの何れかに記載の磁気光学体。

【請求項 6】 前記磁性微粒子は 3 d 金属または 3 d 金属からなる合金であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 までの何れかに記載の磁気光学体。

【請求項 7】 前記グラニューラー磁気光学薄膜は光磁気記録可能であることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 までの何れかに記載の磁気光学体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ通信、光計測システム等に用いられる光アイソレータに用いる磁気光学体に関する。ここで、光アイソレータは、偏光子と、検光子と、ファラデー効果（磁気光学効果）を有し偏光子及び検光子の間に設けられる磁気光学体と、磁場を印加するための磁石とから構成され、光源（半導体レーザ）からの出射光を無損失で光ファイバ等の伝送路に伝送させる一方、光ファイバ等からの反射光を遮断して光源（半導体レーザ）に戻さないようにするものである。

【0002】

【従来の技術】光ファイバ通信システムに用いられる光アイソレータは、入射光の偏光面を 45 度（°）回転させるファラデー効果（磁気光学効果）を有し、半導体レーザ等の光源からの出射光を無損失で伝送路に伝送する一方、前記伝送路からの反射光を遮断して前記光源側に戻さないようにする。

【0003】この光アイソレータを構成するものの一例として、中央部にビスマス置換希土類鉄ガーネット（BiYIG）（磁気光学薄膜）を用い、その両側にそれぞれ、反射層として、 $(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)$ の積層膜（誘電体多層膜）及び $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)$ の積層膜（誘電体多層膜）を設けて形成された $(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n/\text{BiYIG}/(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^n$ 構造の多層膜の磁気光学体（1 次元フォトニック結晶）がある。ここで、BiYIG 薄膜はスパッタ等により作製される。

【0004】前記 $(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)$ の積層膜及び $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)$ の積層膜の SiO_2 の屈折率 N_t は Ta_2O_5 の屈折率 D_t よりも大きく、それぞれの厚さ N_s 、 D_s は、 $N_s \cdot D_s = N_t \cdot D_t = \lambda/4$ を満たしている。また、BiYIG 薄膜は、 $N_m \cdot D_m = \lambda$ または $\lambda/2$ [N_m : BiYIG 薄膜の層数、 D_m : BiYIG 薄膜の層厚（1 ビット当たり）] としている。上記構成の磁気光学体（1 次元フォトニック結晶）は、特定の波長の光を入射すると強い光の局在化が生じ大きな磁気光学効果と高い透過率を示す。なお、この磁気光学体（1 次元フォトニック結晶）では、固有の光学特性を有する光学薄膜を所定の厚さに積層しているため、中心部に光が局在化する干渉膜を形成しているため、より強い光の局在化を示すためには $(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ 及び $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^n$ [多層膜] の層構造の乱れがないことが求められる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述した磁気光学体（1 次元フォトニック結晶）の BiYIG 薄膜は、上述したようにスパッタ等により作製される。一方、BiYIG 薄膜は良好な磁気光学特性を得るためには結晶質としておく必要がある。ところで、BiYIG は低温で成膜すると成膜直後はその結晶構造がアモルファスである。そして、良好な磁気光学特性を得るためには、600℃以上の熱処理を行い結晶化させる必要がある。なお、成膜中に基板温度を上げて BiYIG 薄膜をスパッタ成膜すると結晶化した BiYIG 薄膜を得ることができる。

【0006】しかしながら、成膜後に熱処理するにしても、基板温度を上げてスパッタ成膜するにしても、BiYIG 薄膜を結晶化させる際には $(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ 多層膜にも熱が加わり、層が拡散して SiO_2 と Ta_2O_5 の相互拡散が生じ、 $(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ 多層膜の周期構造が乱れてしまう。このため、上記磁気光学体（1 次元フォトニック結晶）では、特定の波長において大きな磁気光学効果と高い透過率を得ることが難しくなる。

【0007】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、大きな磁気光学効果を得られる磁気光学体を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項 1 に記載の発明は、異なる光学特性を有する複数種類の誘電体素材の厚さに規則性をもって交互に積層された誘電体多層膜を 2 つ設け、その間にマトリックス及び磁性微粒子からなるグラニューラー磁気光学薄膜を設けたことを特徴とする。請求項 2 に記載の発明は、磁性体及び誘電体の厚さに規則性をもって交互に積層された規則積層部を 2 つ設け、その間にマトリックス及び磁性微粒子からなるグラニューラー磁気光学薄膜を設けたことを特徴とする。請求項 3 に記載の

発明は、請求項 1 または請求項 2 に記載の構成において、前記マトリックスは使用光波長で透光性をもつことを特徴とする。

【0009】請求項 4 記載の発明は、請求項 1 から請求項 3 までの何れかに記載の構成において、前記マトリックスは非磁性誘電体酸化物であることを特徴とする。請求項 5 記載の発明は、請求項 1 から請求項 3 までの何れかに記載の構成において、前記マトリックスは希土類酸化物であることを特徴とする。請求項 6 記載の発明は、請求項 1 から請求項 5 までの何れかに記載の構成において、前記磁性微粒子は 3 d 金属または 3 d 金属からなる合金であることを特徴とする。請求項 7 記載の発明は、請求項 1 から請求項 6 までの何れかに記載の構成において、前記グラニューラー磁気光学薄膜は光磁気記録可能であることを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】次に、本発明の一実施の形態の 1 次元フォトリック結晶（磁気光学体）を図 1 ないし図 4 に基づいて説明する。

【0011】図 1 において、磁気光学体（1 次元フォトリック結晶）1 は、異なる光学特性を有する Ta₂O₅ 膜 2（誘電体素材）及び SiO₂ 膜 3（誘電体素材）をその厚さに規則性をもって交互に積層してなる (SiO₂ / Ta₂O₅)ⁿ 層 4（誘電体多層膜。n：積層数）と、Ta₂O₅ 膜 2（誘電体素材）及び SiO₂ 膜 3（誘電体素材）をその厚さに規則性をもって交互に積層してなる (Ta₂O₅ / SiO₂)ⁿ 層 5（誘電体多層膜）と、(SiO₂ / Ta₂O₅)ⁿ 層 4 及び (Ta₂O₅ / SiO₂)ⁿ 層 5 の間に介装されるグラニューラー膜 6（グラニューラー磁気光学薄膜）と、から大略構成されている。

【0012】グラニューラー膜 6 は、図 2 に示すように、磁性微粒子 7 及び磁性微粒子 7 を取り囲むマトリックス 8 から構成されている。磁性微粒子 7 は、Co（強磁性 3 d 金属）で構成されている。磁性微粒子 7 の粒径は、数 nm 以上とし、スーパーパラ〔強磁性を持つ粒子が、ある程度小さくなると強磁性特性を示さず常磁性（paramagnetism）となる現象〕にならないようにしている。なお、磁性微粒子 7 は、Ni、Fe などの他の強磁性 3 d 金属（元素の電子配置からみてエネルギー準位が 3 d の電子を有する金属）から構成してもよいし、磁性微粒子 7 を 3 d 金属からなる合金（例えば Co-Fe）から構成してもよい。

【0013】前記マトリックス 8 は、Sm₂O₃（希土類酸化物）で構成されており、使用光波長で透光性を有している。上述したように、磁性微粒子 7 を Co、マトリックス 8 を Sm₂O₃ としており、この磁気光学体（1 次元フォトリック結晶）1 は、(SiO₂ / Ta₂O₅)ⁿ / Co- Sm₂O₃ / (Ta₂O₅ / SiO₂)ⁿ 構造となっている。

【0014】前記マトリックス 8 は、前記 Sm₂O₃ の他、Y₂O₃、Nd₂O₃、Gd₂O₃、Tb₂O₃ 及び Dy₂O₃ のような他の

希土類酸化物で構成してもよいし、SiO₂、Ta₂O₅、Al₂O₃（非磁性誘電体酸化物）等の酸化物でもよい。なお、マトリックス 8 とした酸化物の生成熱が大きく、かつ強磁性金属の酸化物の生成熱との差が大きい元素を含む場合に、強磁性金属相と酸化物相との 2 層分離が起こって、互いに混じり合いの少ないグラニューラー膜構造が形成できる。このため、SiO₂、Ta₂O₅、Al₂O₃ 等の酸化物（非磁性誘電体酸化物）よりも前記希土類酸化物（Sm₂O₃、Y₂O₃、等）の方が、強磁性金属相と酸化物相との 2 層分離がより起こりやすく、良好なグラニューラー膜 6 を作製でき、マトリックス相（マトリックス 8）としてはより望ましい。

【0015】前記グラニューラー膜 6 は、図 3 に示すように Co のターゲット 9 及び Sm₂O₃ のターゲット 10 を用いた 2 元ターゲットスパッタ法により、Co 及び Sm₂O₃ を交互にスパッタ成膜することにより低温（本実施の形態では、例えば 500℃以下）で作製する。図 3 中、11 はグラニューラー膜 6 等を保持させる基板である。基板 11 は回転可能な基板保持体 12 に取り付けられており、回転することにより前述した Co 及び Sm₂O₃ の交互のスパッタ成膜を行えるようにしている。

【0016】図 3 に示すグラニューラー膜 6 の作製方法に代えて、図 4 に示すように、Co のターゲット 9 の上に、Sm₂O₃ のチップ 13 を置き、スパッタ成膜してグラニューラー膜 6 を作製するようにしてもよい。なお、Co 及び Sm₂O₃ の 2 つの蒸着源をもつ 2 元蒸着法によりグラニューラー膜 6 を作製するようにしてもよい。

【0017】上述したように構成した磁気光学体（1 次元フォトリック結晶）1 は、低温でグラニューラー膜 6 を作製するので、(SiO₂ / Ta₂O₅)ⁿ 層 4 及び (Ta₂O₅ / SiO₂)ⁿ 層 5 の SiO₂ と Ta₂O₅ の相互拡散を招かず (SiO₂ / Ta₂O₅)ⁿ 多層膜〔(SiO₂ / Ta₂O₅)ⁿ 層 4 及び (Ta₂O₅ / SiO₂)ⁿ〕の周期構造を乱すことがない。このため、特定の波長の光に対して強い光の局在化を示すようになり大きな磁気光学効果と高い透過率を示すことになる。すなわち、(SiO₂ / Ta₂O₅)ⁿ / BiYIG / (Ta₂O₅ / SiO₂)ⁿ 構造の磁気光学体（1 次元フォトリック結晶）で、BiYIG を結晶化するために 600℃以上の熱処理を行うようにした従来技術では、(SiO₂ / Ta₂O₅)ⁿ 多層膜も加熱されて SiO₂ と Ta₂O₅ の相互拡散が生じ、(SiO₂ / Ta₂O₅)ⁿ 多層膜の周期構造が乱れてしまことが起こり得たが、上記実施の形態によれば、(SiO₂ / Ta₂O₅)ⁿ 多層膜の周期構造を乱す事がないので、大きな磁気光学効果と高い透過率を得ることができる。そして、この磁気光学体（1 次元フォトリック結晶）1 は、上述したように大きな磁気光学効果を有し、45 度のファラデー回転角を得ることが可能となり、光アイソレータとして用いられる。

【0018】上記実施の形態では、異なる光学特性を有する複数種類の誘電体素材の厚さに規則性をもって交互

に積層された誘電体多層膜を2つ〔(SiO₂ /Ta₂O₅)ⁿ 層4及び (Ta₂O₅ /SiO₂)ⁿ 層5〕設けた場合を例にしたが、これに代えて、磁性体及び誘電体の厚さに規則性をもって交互に積層された規則積層部を2つ設けるようにしてもよい。

【0019】また、上記実施の形態において、グラニュー膜6を光磁気記録可能に構成することが可能であり、このように構成することにより、この磁気光学体（1次元フォトニック結晶）1を光磁気記録媒体として用いることができるようになる。

【0020】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、異なる光学特性を有する複数種類の誘電体素材の厚さに規則性をもって交互に積層された誘電体多層膜を2つ設け、その間にマトリックス及び磁性微粒子からなるグラニュー磁気光学薄膜を設けており、グラニュー磁気光学薄膜を低温で作製することが可能になり、グラニュー磁気光学薄膜を低温で作製することにより、高温の熱処理で起こり得る複数種類の誘電体素材の相互拡散を招かず、誘電体多層膜の周期構造を乱すことがない。このため、特定の波長の光に対して強い光の局在化を示すようになり大きな磁気光学効果と高い透過率を示すことになる。

【0021】請求項2記載の発明によれば、磁性体及び誘電体の厚さに規則性をもって交互に積層された規則積層部を2つ設け、その間にマトリックス及び磁性微粒子

からなるグラニュー磁気光学薄膜を設けており、グラニュー磁気光学薄膜を低温で作製することが可能になり、グラニュー磁気光学薄膜を低温で作製することにより、高温の熱処理で起こり得る複数種類の誘電体素材の相互拡散を招かず、誘電体多層膜の周期構造を乱すことがない。このため、特定の波長の光に対して強い光の局在化を示すようになり大きな磁気光学効果と高い透過率を示すことになる。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】本発明の一実施の形態の磁気光学体（1次元フォトニック結晶）を示す断面図である。

【図2】図1のグラニュー膜を示す断面図である。

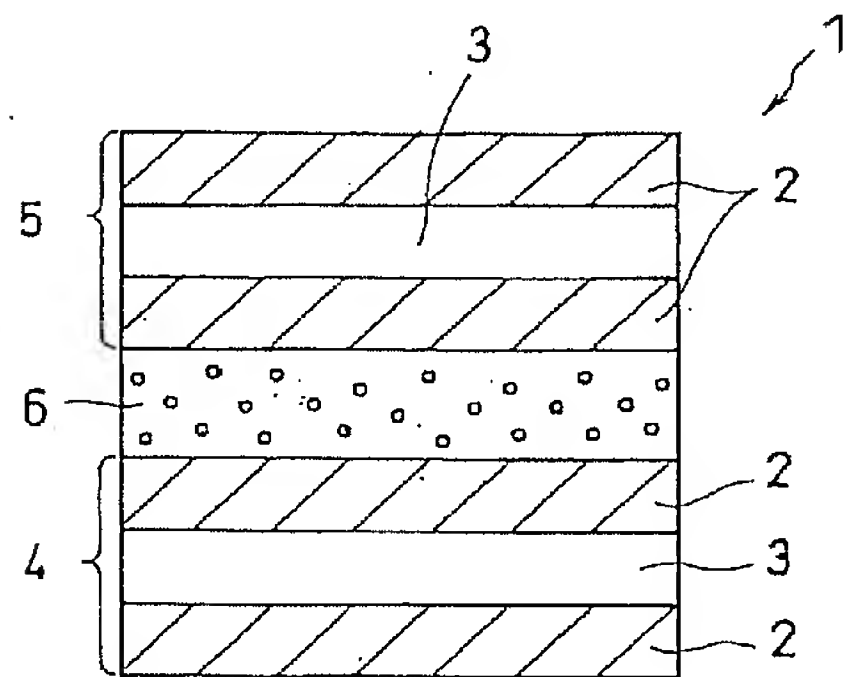
【図3】図2のグラニュー膜の作製のための2元ターゲットスパッタ法を模式的に示す図である。

【図4】図3の2元ターゲットスパッタ法に代えるグラニュー膜の他の作製方法を模式的に示す図である。

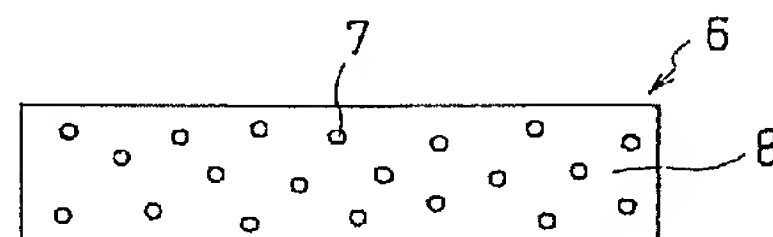
【符号の説明】

- 1 1次元フォトニック結晶（磁気光学体）
- 2 Ta₂O₅ 膜（誘電体素材）
- 3 SiO₂膜（誘電体素材）
- 4 (SiO₂ /Ta₂O₅)ⁿ 層（誘電体多層膜）
- 5 (Ta₂O₅ /SiO₂)ⁿ 層（誘電体多層膜）
- 6 グラニュー膜（グラニュー磁気光学薄膜）
- 7 磁性微粒子
- 8 マトリックス

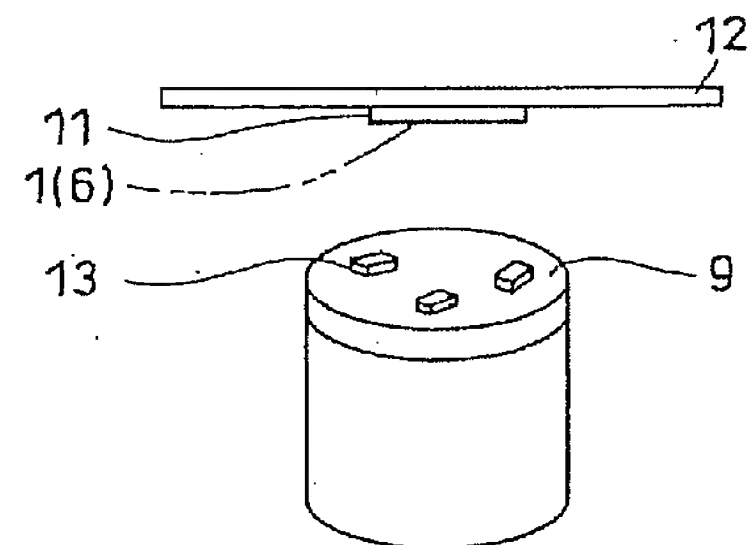
【図1】



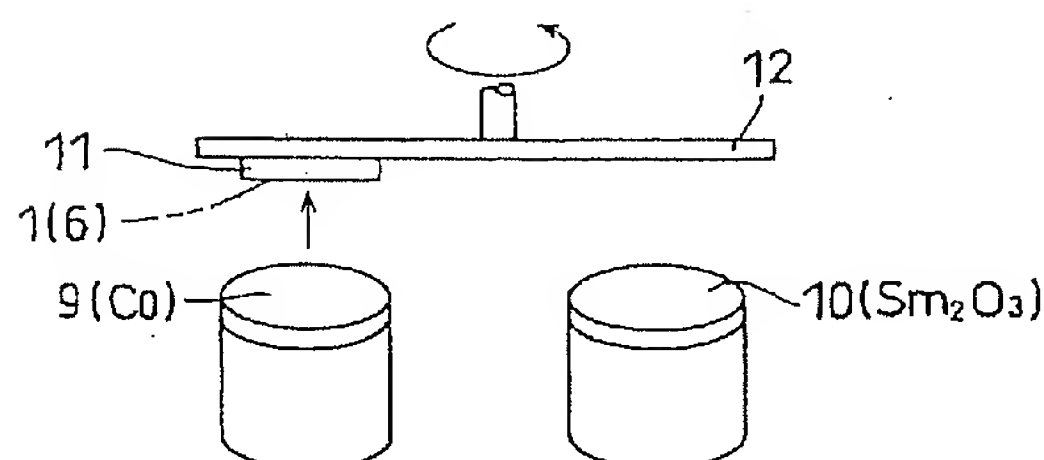
【図2】



【図4】



【図3】



【手続補正書】

【提出日】平成12年9月13日(2000.9.13)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正内容】

【0004】前記(SiO₂/Ta₂O₅)の積層膜及び(Ta₂O₅/SiO₂)の積層膜のSiO₂の屈折率 N_s はTa₂O₅の屈折率 N_t よりも小さく、それぞれの厚さ D_s 、 D_t は、 $N_s \cdot D_s = N_t \cdot D_t = \lambda/4$ を満たしている。また、

BiYIG 薄膜は、 $N_m \cdot D_m = \lambda$ または $\lambda/2$ [N_m : BiYIG 薄膜の屈折率、 D_m : BiYIG 薄膜の膜厚(1ビット当たり)]としている。上記構成の磁気光学体(1次元フォトニック結晶)は、特定の波長の光を入射すると強い光の局在化が生じ大きな磁気光学効果と高い透過率を示す。なお、この磁気光学体(1次元フォトニック結晶)では、固有の光学特性を有する光学薄膜を所定の厚さに積層しているため、中心部に光が局在化する干渉膜を形成しているため、より強い光の局在化を示すためには(SiO₂/Ta₂O₅)ⁿ及び(Ta₂O₅/SiO₂)ⁿ [多層膜]の層構造の乱れがないことが求められる。

フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

// G02B 27/28

F I

G02B 27/28

ターコード(参考)

A

(72)発明者 北村 厚

静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミネベ
ア株式会社浜松製作所内

(72)発明者 足立 重之

静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミネベ
ア株式会社浜松製作所内

(72)発明者 加藤 英樹

静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミネベ
ア株式会社浜松製作所内

Fターム(参考) 2H079 AA03 AA12 BA02 CA05 DA12
EA11
2H099 AA01 BA02
4K029 BA02 BA06 BA09 BA12 BA24
BB02 BD12 CA05
5D075 FF02
5E049 AA01 AA04 AA07 AA09 AC00
BA23 BA29

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-194639

(43)Date of publication of application : 19.07.2001

(51)Int.Cl.

G02F 1/09
C23C 14/06
G11B 11/105
H01F 10/08
// G02B 27/28

(21)Application number : 2000-232020

(22)Date of filing : 31.07.2000

(71)Applicant : MINEBEA CO LTD

(72)Inventor : INOUE MITSUTERU
FUJII TOSHITAKA
TAKAYAMA AKIO
KITAMURA ATSUSHI
ADACHI SHIGEYUKI
KATO HIDEKI

(30)Priority

Priority number : 11305960 Priority date : 27.10.1999 Priority country : JP

(54) MAGNETO-OPTICAL BODY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magneto-optical body which can obtain the large magneto-optical effect.

SOLUTION: The granular film 6 (granular magneto-optical thin film) is interposed between a (SiO₂/Ta₂O₅)_n layer 4 and a (Ta₂O₅/SiO₂)_n layer 5, and the 1-dimensional photonic crystal (magneto-optical body) 1 is composed. The granular film 6 consists of magnetic particulate 7, and a matrix 8 of Sm₂O₃ (rare earths oxide) which encloses thin of Co, and is manufactured at the low temperature by a 2-dimensional target sputter method by making sputter film forming of Co and Sm₂O₃ alternately. Since the granular film 6 is manufactured at the low temperature, the turbulence of the periodic structure of the (SiO₂/Ta₂O₅)_n layer 4 and the (Ta₂O₅/SiO₂)_n layer 5 which may take place with the high-temperature heat treatment is not generated. Therefore, localization of the storing light beam appears for the light beam of the specific wavelength, so that the large magneto-optical effect and the high transmissivity are exhibited.

